

電子散乱による原子核の高い励起状態の研究

著者	川添 良幸
号	428
発行年	1975
URL	http://hdl.handle.net/10097/23871

氏名・(本籍)	かわ ぞえ よし ゆき 川 添 良 幸
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理博第 428 号
学位授与年月日	昭和50年3月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科専門課程	東北大学大学院理学研究科 (博士課程) 原子核理学専攻修了
学位論文題目	電子散乱による原子核の高い励起状態の研究
論文審査委員	(主査) 教授 武田 晩 教授 吉田 思郎 助教授 秋葉 巴也

論 文 目 次

第一章 電子散乱の概説

第一節 序

第二節 電子散乱の微分断面積

2-1 運 動 学

2-2 平面波近似

第二章 準弾性散乱

第一節 殻模型による解析

1-1 高い運動量移行の実験

1-2 低い運動量移行の実験

第二節 巨大共鳴に対するバック・グラウンド

2-1 殻模型での概算

2-2 スケーリング模型での概算

第三章 巨大共鳴

第一節 カップルド・チャネルの方法の概説

1-1 基本となる連立微積分方程式

1-2 境界条件と解法

第二節 巨大共鳴の解析

2-1 Buck と Hill の近似による解

2-2 iteration なしで解ける場合

第四章 ま と め

謝 辞

参 照 論 文

表 及 び 図

参 考 論 文

1. Electroexcitation of Giant Multipole Resonances in ^{40}Ca .
2. DWBA Calculation for Monopole Transitions.
3. Quasielastic Electron Scattering (I)~(III).

論文内容要旨

電子散乱によって原子核に核子放出の値より高い励起エネルギーを与えた場合、電子のスペクトルには特徴的な二つの領域が見られる。すなわち巨大共鳴（GR）領域及び準弾性散乱（QE）領域である。これらはそれぞれ原子核を作る核子の集団的な性質及び単一粒子的な性質を反映するものである。さらに高い励起エネルギーを与えれば π 中間子が陽に寄与する断面積も見られるが、ここでは核子多体系としての原子核の励起だけを考えることにする。解析には殻模型を用いたが、現在までになされた計算との違いは現実的なポテンシャルを用いて、散乱状態まで考慮した計算を行ったことである。

以下に各章ごとの内容を略述する。

第一章 電子散乱の概説

電子散乱の実験で得られる微分断面積と原子核の励起の間の基本的な関係式の導出と、現在までになされた実験及び解析の簡単なまとめを行なった。

第二章 準弾性散乱

簡単なポテンシャルを使った計算は今までもいくつも発表されているが、ここでは核子の弾性散乱実験などで陽子及び中性子に対して知られている Woods-Saxon 型の光学ポテンシャルを使って、 ^{12}C , ^{40}Ca , ^{118}Sn , ^{208}Pb に関して解析を行なった。QE 領域が丁寧に扱われなかった理由は、ここからは核の Fermi エネルギーがわかるだけだと思われていたからであるが、実際にはこの計算によって次に列挙するような興味ある結果を引き出すことができた。

- 1) 現在までに殻模型計算がなされていない高い運動量移行 q ($q \simeq 500\text{MeV}/\text{C}$) の実験を解析して、散乱状態に対する光学ポテンシャルのエネルギー依存性を調らべ、陽子の弾性散乱実験から得られた値を使うことで QE の山の位置及び巾を再現できることを示した。
- 2) ^{40}Ca に対する $q = 250\text{MeV}/\text{C}$ の実験を解析して、深い空孔状態 ($1p$ 及び $1s$) の束縛エネルギーについて調べ、最近の $(e, e' p)$ の実験結果を支持する結論を得た。
- 3) 巨大共鳴に対して、その励起エネルギーのところで起こるそれ以外の原子核の励起は、実験の解析では“バック、グラウンド”として扱われる。QE に対する殻模型計算を用いてこの値の概算を行ない、実験の解析に用いていたものとの良い一致を得、それに対する一つの解釈を与えた。
- 4) 素粒子論で知られているスケーリング則を原子核の励起に対して適用して見た。結果は q の低い実験に共鳴が大きく見られることを明らかに示している。尚 q の高い実験値は q の低い実験値に焼きなおした場合、3) で述べたバック・グラウンド（非共鳴部分）を与えると考えられるが、この値も前述の値と矛盾していない。

第三章 巨大共鳴

電子散乱などの非弾性散乱によっては、昔から光反応で知られていた $E1$ の巨大共鳴（GDR）以

外のスピン・パリティ (J^π) を持つ巨大共鳴も励起され得る。これらは総和則 (特にEWSR) の大きな割合を占めていることが特徴である。散乱状態まで考慮したTamm-Dankoff近似の殻模型であるカップルド・チャネルの方法(CC)を電子散乱に適用して、 ^{12}C の励起状態を調べた。通常行なわれている束縛状態だけを使った計算では出てこない粒子の放出巾を取り入れた計算になっている。特に軽い核ではこのことは重要な影響を持ち、GRの巾はほとんどこれによって説明されると考えられる。

この章での主な結果は次の通りである。

- 1) 約7MeVの巾を持ち、励起エネルギー約23MeVのところに中心を持つGDRを再現することができた。その q の依存性も実験と一致している。
- 2) $J^\pi = 2^+$ の励起関数は広い励起エネルギー範囲にわたってなめらかな形をしている。実験でも数MeVの巾を持った共鳴は見つかっていない。
- 3) $J^\pi = 0^+$ は光反応の解析で良く用いられているBuckとHillの近似による連立微分方程式によっては扱えないことを示し、新しい解法による解を求めた。この新しい方法とはCCの式をBuckとHillの近似式に非斉次項を加えたものを同時に解き、直交性を持つ解を作り上げるという方法である。これによって19MeV付近に一つの山を持つ 0^+ の微分断面積が得られた。

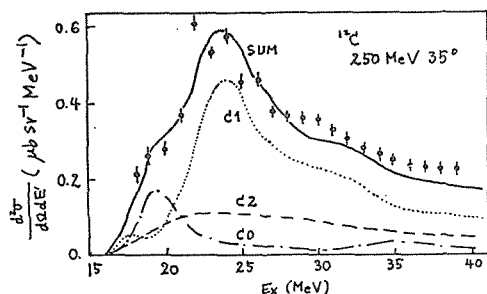


図1 ^{12}C に対するカップルド・チャネルの方法での計算結果と実験値 $C0 \sim C2$ の寄与とその和 (各々0.7倍してある)を示す。

第四章 まとめ

電子散乱によって作られる原子核の高い励起状態を殻模型を用いて解析した結果、上述のようなある程度統一的な描像を得ることができた。ただしここでは数値計算上の理由から主に軽い核を扱ってきた。GRの実験は主として中重核においてなされるので、その解析をすることが必要である。しかしそこではGRの巾には複合核形成の巾が大きく寄与するのでそれに対する考察が重要である。最後にこれ以外の今後に残された問題をまとめてみると、sprions状態をぬきさること、自己無矛盾な場を用いること、基底状態での相関を取り入れること、磁気的なGRの存在を調らべることなどがあげられる。

論文審査の結果の要旨

原子核による電子散乱の電子スペクトルには巨大共鳴領域と準弾性散乱領域との2つの特徴的な領域が存在する。前者は核内核子の集団的な運動、後者は核子の単一粒子的運動をするものである。

この論文では原子核の殻模型を用いて両者を統一的に理解しようとしたものである。

第一章では従来なされた実験およびその解析の簡単なまとめを行っている。

第二章では ^{12}C 、 ^{40}Ca 等の核に対する準弾性散乱の解析を行った。主な結論は(1)運動量変化 q の大きい($q \simeq 500 \text{ MeV}/c$)の実験の解析から核子に対する光学ポテンシャルのエネルギー依存性の必要なこと、およびその値は陽子-核散乱から得られる値でよいことを示した。

(2) q の小さい実験の解析から核内の深い空孔状態のエネルギー値を調べ、この値は $(e, e' b)$ の実験から得られる値と一致することを示した。

(3) 巨大共鳴領域での非共鳴部分を準弾性散乱を用いて推定し、実験で用いる現象論的非共鳴部分と良い一致を得た。

(4) 素粒子物理で用いられるスケーリングの適用可能性を調べたこと。等である。

3章ではカップルドチャネルの方法を適用してE1, E2巨大共鳴の計算を ^{12}C に対し行った。実験との一致は大体良く、E1では23 MeVの共鳴エネルギーと7 MeVの共鳴巾をまたE2ではなめらかな励起関数で余りはっきりした共鳴のあらわれないことを示した。

4章は1～3章のまとめである。

本論文は他の多くの実験とをよく説明する殻模型のパラメーターを用い、電子散乱による核の励起を半定量的に説明し、巨大共鳴および準弾性散乱について新しい知見を与えたものとして学位論文として合格と判定した。